



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年10月25日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-310610

[ST.10/C]:

[JP2002-310610]

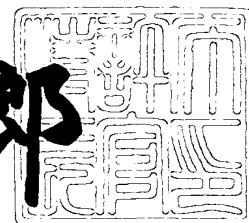
出 願 人
Applicant(s):

日本特殊陶業株式会社

2003年 6月 5日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3043635

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT103142

【提出日】 平成14年10月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01T 13/20

【発明の名称】 内燃機関用スパークプラグ

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町 1 4 番 1 8 号 日本特殊陶業株式会社内

【氏名】 伊藤 聡子

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町 1 4 番 1 8 号 日本特殊陶業株式会社内

【氏名】 小林 憲司

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町 1 4 番 1 8 号 日本特殊陶業株式会社内

【氏名】 熊谷 健一

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町 1 4 番 1 8 号 日本特殊陶業株式会社内

【氏名】 松谷 渉

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町 1 4 番 1 8 号 日本特殊陶業株式会社内

【氏名】 松原 佳弘

【特許出願人】

【識別番号】 000004547

【氏名又は名称】 日本特殊陶業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100104167

【弁理士】

【氏名又は名称】 奥田 誠

【連絡先】 0 5 2 - 2 1 8 - 7 1 6 1

【選任した代理人】

【識別番号】 100097009

【弁理士】

【氏名又は名称】 富澤 孝

【選任した代理人】

【識別番号】 100098431

【弁理士】

【氏名又は名称】 山中 郁生

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 052098

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9716114

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書
【発明の名称】 内燃機関用スパークプラグ
【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸線方向に貫通する軸孔を有する筒状の絶縁体と、

上記軸孔に挿設された中心電極であって、上記絶縁体の先端から突出する先端部を有する中心電極と、

上記中心電極の径方向外側に位置する接地電極であって、自身と上記中心電極の上記先端部との間に生じさせる火花放電のうち少なくとも一部が上記絶縁体の先端部表面に沿う沿面放電を含むように、上記絶縁体の先端部及び上記中心電極の上記先端部に対する位置関係が決められた 1 または複数の接地電極と、を備え、

上記中心電極のうち少なくとも上記先端部は、少なくともその表面が主成分として Ni を 8 0 w t % 以上、副成分として Fe 及び Cr を合わせて 2 . 5 w t % 以上 1 0 . 0 w t % 以下含有する Ni 合金からなる内燃機関用スパークプラグであって、

上記 Ni 合金は、副成分として、さらに Al を 0 . 2 w t % 以上 0 . 8 w t % 以下含有してなる

内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の内燃機関用スパークプラグであって、

前記 1 または複数の接地電極のうち少なくとも 1 つは、その先端面が前記絶縁体の前記先端部の少なくとも一部を挟んで、前記中心電極の先端部側面の周方向一部と対向するように配置されてなる

内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の内燃機関用スパークプラグであって、

前記 Ni 合金は、前記副成分の Fe を 1 . 5 w t % 以上 5 . 0 w t % 以下含有してなる

内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 4】

請求項 1 ～請求項 3 のいずれか一項に記載の内燃機関用スパークプラグであって

、

前記 N i 合金は、前記副成分の C r を 1 . 5 w t % 以上 5 . 0 w t % 以下含有してなる

内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 5】

請求項 1 ～請求項 4 のいずれか一項に記載の内燃機関用スパークプラグであって

、

前記 N i 合金は、副成分として M n、C u、及び C o の少なくともいずれかを含有してなる

内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の内燃機関用スパークプラグであって、

前記 N i 合金は、前記副成分のうち A l の含有率を b (w t %)、M n、C u、及び C o の合計含有率を c (w t %) としたとき、

$0 . 3 b \leq c \leq 6 . 0 b$ の関係を満たす

内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 7】

請求項 1 ～請求項 6 のいずれか一項に記載の内燃機関用スパークプラグであって

、

前記中心電極は、

C u または C u 合金からなる軸芯と、

前記 N i 合金からなり、上記軸芯の先端を上記中心電極の先端面より基端側に位置させて、少なくとも上記軸芯の先端部側を被覆する被覆部材と、を有し、

上記 N i 合金は、副成分として C を 0 . 0 0 3 w t % 以上 0 . 0 5 w t % 以下含有してなる

内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 8】

請求項 1～請求項 7 のいずれか一項に記載の内燃機関用スパークプラグであって

、

前記絶縁体の周囲を取り囲み、自身の先端側端面から上記絶縁体の前記先端部が突出するように配置された主体金具を有し、

上記主体金具の先端外径は 1 0 . 1 m m 以下である
内燃機関用スパークプラグ。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関用スパークプラグ、特に、絶縁体の先端部表面に沿う沿面放電を含む火花放電が発生する内燃機関用スパークプラグに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、エンジン性能の改良に伴い、内燃機関用スパークプラグには更なる長寿命化や耐汚損性向上等が求められている。例えば、耐汚損性を改善した内燃機関用スパークプラグとして、セミ沿面放電型スパークプラグと呼ばれるものが知られている（例えば、特許文献 1、特許文献 2 参照）。これは、発生する火花が、接地電極と絶縁体との間では気中放電し、絶縁体と中心電極との間では絶縁体の先端部表面を経由した沿面放電形態で伝播するように構成した内燃機関用スパークプラグである。一般に、内燃機関用スパークプラグは、低温環境下で長時間使用されると、いわゆる「燻り」や「かぶり」の状態となり、絶縁体の先端部表面がカーボンなどの導電性汚損物質で覆われて作動不良が生じやすくなる。これに対し、上記セミ沿面放電型スパークプラグでは、絶縁体の先端部表面に沿う沿面放電によってカーボンなどの汚損物質が焼き切られるので、耐汚損性に優れている。

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 1 - 6 8 2 5 2 号公報（第 5 - 9 頁、第 1 図）

【特許文献 2】

特開 2 0 0 2 - 1 6 4 1 4 6 号公報（第 7 - 1 1 頁、第 1 図）

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、セミ沿面放電型スパークプラグでは、絶縁体の先端部表面に沿う沿面放電が頻繁に発生した場合、絶縁体の先端部表面が溝状に削られる、いわゆるチャンネリングが生じ易くなることが知られている。このチャンネリングが進行すると、スパークプラグの耐熱性が損なわれたり、信頼性が低下するなどの不具合が発生する虞がある。このチャンネリングを抑制するために、中心電極の電極材として Fe, Cr を副成分として含む Ni 合金を用いた内燃機関用スパークプラグが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。これは、Fe, Cr の酸化物が半導体を形成することを利用したもので、火花放電による中心電極の火花消耗によって飛散した Fe, Cr が絶縁体の先端部表面に付着して酸化物半導体の被膜を形成し、この被膜によって絶縁体を保護すると共に放電電圧を低下させることで、チャンネリングが抑制されるものである。

【0 0 0 5】

しかし、Fe, Cr を添加するほど中心電極の熱伝導率が低下するために、中心電極の消耗が著しくなる問題があった。なお、中心電極の消耗には、火花消耗と酸化消耗の 2 つの要因が含まれると考えられる。これに対し、Fe, Cr の含有率を調整することで、チャンネリングを抑制すると共に、中心電極の消耗を抑制することを可能とした内燃機関用スパークプラグが知られている（例えば、特許文献 2 参照）。この内燃機関用スパークプラグでは、Fe を 1.0 wt % 以上、Cr を 1.5 wt % 以上、且つ Fe と Cr とを合わせて 2.5 wt % 以上 9.0 wt % 以下とし、さらに、Ni を 80 wt % 以上とすることで、チャンネリングを抑制しつつ、中心電極の消耗を抑制するものである。この内燃機関用スパークプラグは、Ni 合金の副成分として酸化物半導体を形成する元素を用いることが特徴であり、最適な副成分元素として Fe, Cr を用いている。しかし、Fe, Cr の含有率を調整しても、中心電極の消耗を抑制するには不十分であった。

【0 0 0 6】

本発明は、かかる現状に鑑みてなされたものであって、チャンネリングの抑制と中心電極の消耗の抑制とを両立することができる内燃機関用スパークプラグを提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段、作用及び効果】

その解決手段は、軸線方向に貫通する軸孔を有する筒状の絶縁体と、上記軸孔に挿設された中心電極であって、上記絶縁体の先端から突出する先端部を有する中心電極と、上記中心電極の径方向外側に位置する接地電極であって、自身と上記中心電極の上記先端部との間に生じさせる火花放電のうち少なくとも一部が上記絶縁体の先端部表面に沿う沿面放電を含むように、上記絶縁体の先端部及び上記中心電極の上記先端部に対する位置関係が決められた 1 または複数の接地電極と、を備え、上記中心電極のうち少なくとも上記先端部は、少なくともその表面が主成分として N i を 8 0 w t % 以上、副成分として F e 及び C r を合わせて 2 . 5 w t % 以上 1 0 . 0 w t % 以下含有する N i 合金からなる内燃機関用スパークプラグであって、上記 N i 合金は、副成分として、さらに A l を 0 . 2 w t % 以上 0 . 8 w t % 以下含有してなる内燃機関用スパークプラグである。

【 0 0 0 8 】

従来の内燃機関用スパークプラグでは、中心電極を構成する N i 合金の副成分として、F e , C r などの酸化物半導体を形成する元素を添加することで、火花消耗によって絶縁体の先端部表面に酸化物半導体の被膜を形成させ、この被膜によって絶縁体を保護すると共に放電電圧を低下させることで、チャンネリングを抑制していた。従って、A l のように、酸化物が絶縁体を形成するものを N i 合金の副成分として添加することは好ましくなく、このような元素を副成分として添加することは考えられていなかった。

【 0 0 0 9 】

これに対し、本発明の内燃機関用スパークプラグでは、中心電極の少なくとも先端部は、少なくともその表面を形成する N i 合金の副成分として、F e , C r に加えて、A l を 0 . 2 w t % 以上 0 . 8 w t % 以下含有している。熱伝導率の高い A l を 0 . 2 w t % 以上添加することで、F e , C r を添加することによる

Ni合金の熱伝導率の低下を防ぎ、中心電極の消耗の抑制を可能としている。さらに、0.8wt%以下とすることで、絶縁体の先端部表面に形成される被膜に含まれる絶縁性の高いAlの酸化物(Al_2O_3)の量を抑制し、被膜の導電性を維持することでチャンネリングを抑制することができる。

【0010】

なお、本発明の内燃機関用スパークプラグとしては、例えば、接地電極と絶縁体との間では気中放電し、絶縁体と中心電極との間では絶縁体の先端部表面に沿って沿面放電する火花放電が発生するセミ沿面放電型スパークプラグが挙げられる。また、セミ沿面放電型スパークプラグに中心電極の先端面と対向する平行電極を組合わせたスパークプラグや、絶縁体の周囲を取り囲む環状の接地電極から気中放電することなく中心電極まで沿面放電するフル沿面放電型スパークプラグとしても良い。本発明の内燃機関用スパークプラグは、少なくとも絶縁体の先端部表面を経由した沿面放電をする全ての内燃機関用スパークプラグを含む。

【0011】

さらに、上記内燃機関用スパークプラグであって、前記1または複数の接地電極のうち少なくとも1つは、その先端面が前記絶縁体の前記先端部の少なくとも一部を挟んで、前記中心電極の先端部側面の周方向一部と対向するように配置されてなる内燃機関用スパークプラグとすると良い。

【0012】

本発明の内燃機関用スパークプラグとしては、例えば、セミ沿面放電型スパークプラグが挙げられる。このセミ沿面放電型スパークプラグでは、接地電極の先端面が絶縁体の先端部の少なくとも一部を挟んで中心電極の先端部側面の周方向一部と対向しているため、絶縁体の先端部表面の周方向一部を経由して中心電極の先端部側面の周方向一部に火花放電が集中する。このため、従来のセミ沿面放電型スパークプラグは、沿面放電をする内燃機関用スパークプラグの中でも、特に、チャンネリング及び中心電極の消耗が生じやすくなっていた。これに対し、本発明の内燃機関用スパークプラグでは、前述したように、中心電極の少なくとも先端部を形成するNi合金の副成分として、Fe, Crに加えてAlを0.2wt%以上0.8wt%以下含有しているので、チャンネリングを抑制すると共

に中心電極の消耗をも抑制することができる。なお、本発明の内燃機関用スパークプラグは、セミ沿面放電型スパークプラグに限らず、セミ沿面放電型スパークプラグに中心電極の先端面と対向する平行電極を組合わせたスパークプラグも含む。

【 0 0 1 3 】

さらに、上記いずれかの内燃機関用スパークプラグであって、前記Ni合金は、前記副成分のFeを1.5wt%以上5.0wt%以下含有してなる内燃機関用スパークプラグとすると良い。

【 0 0 1 4 】

前述したように、Ni合金の副成分であるAlは、絶縁性の高い酸化物(Al_2O_3)を形成する。従って、絶縁体の先端部表面に形成される被膜に Al_2O_3 が含まれることにより、被膜の導電性が低下してしまう。これに対し、本発明の内燃機関用スパークプラグでは、Ni合金の副成分であるFeの含有率を1.5wt%以上5.0wt%以下としている。Feの含有率を1.5wt%以上とすることで、絶縁性の高いAlの酸化物(Al_2O_3)が含まれることに伴う被膜の導電性低下を抑制し、絶縁体の先端部表面にチャンネリング抑制効果を発揮できる被膜を形成することができる。5.0wt%以下とすることで、Ni合金の熱伝導率の低下を抑制し、中心電極の消耗を抑制することができる。

【 0 0 1 5 】

さらに、上記いずれかの内燃機関用スパークプラグであって、前記Ni合金は、前記副成分のCrを1.5wt%以上5.0wt%以下含有してなる内燃機関用スパークプラグとすると良い。

【 0 0 1 6 】

本発明の内燃機関用スパークプラグでは、Ni合金の副成分のCrの含有率を1.5wt%以上5.0wt%以下としている。Crの含有率を1.5wt%以上とすることで、絶縁性の高いAlの酸化物(Al_2O_3)が含まれることに伴う被膜の導電性低下を抑制し、絶縁体の先端部表面にチャンネリング抑制効果を発揮できる被膜を形成することができる。5.0wt%以下とすることで、Ni合金の熱伝導率の低下を抑制し、中心電極の消耗を抑制することができる。

【 0 0 1 7 】

さらに、上記いずれかの内燃機関用スパークプラグであって、前記Ni合金は、副成分としてMn、Cu、及びCoの少なくともいずれかを含有してなる内燃機関用スパークプラグとすると良い。

【 0 0 1 8 】

一般に、成分中にAlの酸化物とMn、Cu、またはCoの酸化物とを含む複合酸化物は、半導体を形成することが知られている。そこで、本発明の内燃機関用スパークプラグでは、Ni合金の副成分として、Alに加えてMn、Cu、及びCoの少なくともいずれかを添加することにした。このようにすることで、絶縁体の先端部表面に形成される被膜に含まれる絶縁性の高いAlの酸化物(Al_2O_3)に代えて、Alの酸化物を1成分とする複合酸化物半導体（例えば、酸化アルミニウムと酸化マンガンとの複合酸化物半導体）を構成することができる。このため、被膜の導電性が向上することで放電電圧が低下し、より一層チャンネリングを抑制することができる。

【 0 0 1 9 】

さらに、上記内燃機関用スパークプラグであって、前記Ni合金は、前記副成分のうちAlの含有率をb (wt%)、Mn、Cu、及びCoの合計含有率をc (wt%)としたとき、 $0.3b \leq c \leq 6.0b$ の関係を満たす内燃機関用スパークプラグとすると良い。

【 0 0 2 0 】

本発明の内燃機関用スパークプラグでは、Ni合金について、Alの含有率をb (wt%)、Mn、Cu、及びCoの合計含有率をc (wt%)としたときに、 $0.3b \leq c \leq 6.0b$ の関係を満たすようにしている。Alに対しMn、Cu、及びCoを重量で0.3倍以上添加することで、チャンネリングの抑制に有効な、Alの酸化物を1成分とする複合酸化物半導体（例えば、酸化アルミニウムと酸化マンガンとの複合酸化物半導体）を絶縁体の先端部表面に形成することができる。6.0倍以下とすることで、中心電極の耐消耗性、耐熱強度性を確保することができる。

【 0 0 2 1 】

さらに、上記いずれかの内燃機関用スパークプラグであって、前記中心電極は、CuまたはCu合金からなる軸芯と、前記Ni合金からなり、上記軸芯の先端を上記中心電極の先端面より基端側に位置させて、少なくとも上記軸芯の先端部側を被覆する被覆部材と、を有し、上記Ni合金は、副成分としてCを0.003wt%以上0.05wt%以下含有してなる内燃機関用スパークプラグとする和良好的。

【0022】

内燃機関用スパークプラグの中心電極として、CuまたはCu合金からなる軸芯と、Ni合金からなり軸芯の先端部を被覆する被覆部材とが一体に成形されたものを用いることがある。

ところで、CuまたはCu合金からなる軸芯の熱膨張率は、これを被覆するNi合金からなる被覆部材の熱膨張率に比して大きい。従って、上記のような構成の中心電極を有するスパークプラグを使用に供した場合、軸芯の径方向外側への熱膨張の影響で、被覆部材のうち軸芯の周囲に位置する部分（以下、被覆周囲部とも言う）がNi合金本来の熱膨張より大きく径方向外側へ膨張してしまう虞がある。一方、被覆部材のうち軸芯より先端側に位置する部分（以下、被覆先端側部ともいう）は、軸芯の径方向外側への熱膨張に影響されることなく、径方向外側へはNi合金本来の割合で熱膨張をする。このため、被覆部材において、被覆周囲部が被覆先端側部に比して径方向外側へ大きく膨張して変形あるいは破断すると共に、中心電極の先端部が基端側へ引っ込み変形してしまう虞がある。

【0023】

これに対し、本発明の内燃機関用スパークプラグでは、中心電極の被覆部材を構成するNi合金が、副成分としてCを0.003wt%以上0.05wt%以下含有している。Cの含有率を0.003wt%以上とすることで、Ni合金の熱間強度が向上するので、軸芯の周囲に位置する被覆周囲部が、軸芯の熱膨張の影響で径方向外側へ大きく膨張して変形するのを抑制することができる。このため、中心電極の先端部が基端側へ引っ込み変形するのを抑制することができる。さらに、0.05wt%以下とすることで、Ni合金の硬度が高くなりすぎて、中心電極の成形性が低下するのを抑制することができる。なお、軸芯は、その先

端が絶縁体の先端より基端側の位置に配置されて中心電極の先端部に含まれない場合と、その先端が絶縁体の先端から突出する位置に配置され、軸芯の一部が中心電極の先端部に含まれる場合とがある。

【 0 0 2 4 】

さらに、上記いずれかの内燃機関用スパークプラグであって、前記絶縁体の周囲を取り囲み、自身の先端側端面から上記絶縁体の前記先端部が突出するように配置された主体金具を有し、上記主体金具の先端外径は 1 0 . 1 m m 以下である内燃機関用スパークプラグとすると良い。

【 0 0 2 5 】

近年、内燃機関の高出力化に伴って燃焼室内における吸気及び排気バルブの大型化や 4 バルブ化が検討され、また、エンジンが小型化される傾向から、内燃機関用スパークプラグは小型化を望まれている。しかし、セミ沿面放電型スパークプラグ等の沿面放電するスパークプラグでは、小型化（細径化）するほど沿面放電が顕著となり、また、小型化（細径化）するほど絶縁体の肉厚は薄くなる傾向にある。このため、チャンネリングの問題は、特に、主体金具のネジ径を M 1 2 以下とした場合に深刻となる。

【 0 0 2 6 】

これに対し、本発明のセミ沿面放電型スパークプラグは、前述したような成分の N i 合金で中心電極を形成しているため、主体金具の先端外径を 1 0 . 1 m m 以下（ネジ径が M 1 2 以下の主体金具の先端外径に相当する）としても、チャンネリングを抑制することができる。

なお、主体金具の先端外径とは、主体金具の先端角部に形成された面取り部を除いた先端の外径をいう。従って、本発明は、主体金具の外側面に取付ネジ部が形成されていない、いわゆるネジなしプラグについても適用できる。

【 0 0 2 7 】

【発明の実施の形態】

（実施形態）

本実施形態の内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 について、図面を参照しつつ説明する。内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 は、図 1 に示すように、接地電極 1 1

0、中心電極 1 2 0、主体金具 1 3 0、及び絶縁体 1 4 0 を備えており、主体金具 1 3 0 の外側面に形成されているネジ部 1 3 0 b を利用して図示しないエンジンのシリンダヘッドに取り付けられ、使用に供される。

【0 0 2 8】

ここで、内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 のうち、本発明の要部である先端部 1 0 0 b (図 1 の B 部) の断面図を図 2、上面図を図 3 に示す。このうち、絶縁体 1 4 0 はアルミナからなり、軸線 C 方向に貫通する軸孔 1 4 0 b を有する筒状体である。中心電極 1 2 0 は、軸孔 1 4 0 b に挿設され、その先端部 1 2 0 b が絶縁体 1 4 0 の先端面 1 4 0 d より先端側に突出するように固設された軸状金属体である。なお、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b の外径は 2. 2 mm となっている。主体金具 1 3 0 は、外側面に呼びが M 1 4 のネジ部 1 3 0 b が形成されており、絶縁体 1 4 0 の周囲を隙間を形成して取り囲んでいる。なお、本実施形態では、主体金具 1 3 0 の先端外径 D は、1 2. 0 5 mm となっている。接地電極 1 1 0 は金属体であり、中心電極 1 2 0 を間に挟んで対向する位置に 2 つ設けられている。詳細には、接地電極 1 1 0 の基端部 1 1 0 c が溶接によって主体金具 1 3 0 に固設され(図 2 参照)、図 3 に示すように、先端面 1 1 0 b が中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c の周方向一部である対向部 1 2 0 h と対向するように配置されている。

【0 0 2 9】

さらに、内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 では、図 2 に示すように、絶縁体 1 4 0 の先端部 1 4 0 c は、中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c と接地電極 1 1 0 の先端面 1 1 0 b との間に挟まれる位置に配置されている。詳細には、絶縁体 1 4 0 の先端面 1 4 0 d は、軸線 C 方向に見たとき、接地電極 1 1 0 の先端面 1 1 0 b の基端側縁部 1 1 0 f と先端側縁部 1 1 0 e との間に位置している。なお、中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c と接地電極 1 1 0 の先端面 1 1 0 b との間隙を第 1 ギャップ g 1、絶縁体 1 4 0 の先端部側面 1 4 0 e と接地電極 1 1 0 の先端面 1 1 0 b との間隙を第 2 ギャップ g 2 とする。

【0 0 3 0】

さらに、内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 では、中心電極 1 2 0 は、自身の熱

引きを良好とするために、軸線Cを中心とする位置に配置されたCuからなる軸芯122と、この軸芯122の先端部122bを被覆するNi合金からなる被覆部材121とを有し、軸芯122と被覆部材121が一体に形成されている。被覆部材121を構成するNi合金は、Niを主成分とし、副成分としてFe, Cr, Al等を含有するNi合金である。なお、詳細な成分については後述することにする。また、本実施形態の内燃機関用スパークプラグ100では、軸芯122は、その先端が絶縁体140の先端面140dより基端側の位置に配置されており、中心電極120の先端部120bに含まれない。このため、中心電極120の先端部120b全体が、Ni合金によって形成されている。なお、本実施形態では、接地電極110についても、中心電極120の被覆部材121と同様のNi合金によって形成されている。

【0031】

次に、このような内燃機関用スパークプラグ100を使用に供したときの様子について説明する。内燃機関用スパークプラグ100は、主体金具130に形成されたネジ部130bを利用して図示しないエンジンのシリンダヘッドに取り付けられ、燃焼室に供給される混合気への着火源として使用される。この内燃機関用スパークプラグ100は、例えば、中心電極120側が負、接地電極110側が正となるように放電用高電圧が印加される。これにより、図4(a)に示すように、第1ギャップg1を隔てた接地電極110の先端面110bと中心電極120の先端部側面120cとの間で気中放電する火花放電S1が発生し、図示しない燃焼室内の混合気に着火を行う。あるいは、絶縁体140の先端面140d及び先端部側面140eに沿った沿面放電、及び第2ギャップg2を隔てた接地電極110の先端面110bと絶縁体140の先端部側面140eとの間の気中放電が組合わされた火花放電S2が発生し、図示しない燃焼室内の混合気に着火を行う。

【0032】

このように、内燃機関用スパークプラグ100は、接地電極110の先端面110bと絶縁体140の先端部140cとの間では気中放電し、絶縁体140の先端部140cと中心電極120の先端部側面120cとの間では絶縁体140

の先端面 1 4 0 d 及び先端部側面 1 4 0 e に沿った沿面放電をする、いわゆるセミ沿面放電型スパークプラグとして機能する。

なお、内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 では、絶縁体 1 4 0 の先端部 1 4 0 c の表面の汚損が比較的進行していない場合は、第 1 ギャップ g 1 で火花放電する頻度が高く、汚損が進行した場合には、第 2 ギャップ g 2 で火花放電する頻度が高くなる。このため、汚損が進行した場合には、絶縁体 1 4 0 の先端面 1 4 0 d 及び先端部側面 1 4 0 e に沿った沿面放電によってカーボンなどの汚損物質を焼き切ることができるので、耐汚損性に優れている。

【 0 0 3 3 】

ところで、前述したように、内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 では、接地電極 1 1 0 の先端面 1 1 0 b が中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c の周方向一部である対向部 1 2 0 h と対向するように配置されている（図 3 参照）。このため、火花放電 S 1, S 2 は、中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c のうち対向部 1 2 0 h に集中するので、この対向部 1 2 0 h に消耗が集中してしまう。さらに、火花放電 S 2 の沿面放電は、図 3 に示すように、絶縁体 1 4 0 の先端面 1 4 0 d 及び先端部側面 1 4 0 e のうち接地電極 1 1 0 の先端面 1 1 0 b と中心電極 1 2 0 の対向部 1 2 0 h と間に介在する先端介在部 1 4 0 h（図 3 の斜線部分）及び側面介在部 1 4 0 i に集中する。このため、絶縁体 1 4 0 の先端介在部 1 4 0 h 及び側面介在部 1 4 0 i にチャンネリングが集中してしまう。従って、特に、内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 のようなセミ沿面放電型スパークプラグにおいて、中心電極の消耗及び絶縁体のチャンネリングが問題となる。

【 0 0 3 4 】

このような内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 について、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b を構成する N i 合金の成分を調整した 9 種類のサンプル 1 ～ 9 のスパークプラグを用意し、中心電極 1 2 0 の耐消耗性、絶縁体 1 4 0 の耐チャンネリング性を評価する試験を行った。具体的には、4 気筒のガソリンエンジン（排気量 1 8 0 0 c c）に 9 種類のサンプル 1 ～ 9 のスパークプラグのうちいずれかを取付け、無鉛ハイオクガソリンを燃料として使用し、スロットル全開状態、エンジン回転数 6 0 0 0 r p m で 2 0 0 時間の運転を行った。その後、3 次元レーザ

測定器を用いて中心電極 1 2 0 の消耗体積を測定し、中心電極 1 2 0 の耐消耗性を評価した。さらに、3 次元レーザ測定器を用いて絶縁体 1 4 0 のチャネリング深さを測定し、耐チャネリング性を評価した。この試験結果を図 5 の表に示す。なお、内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 の中心電極 1 2 0 側が負、接地電極 1 1 0 側が正となるように放電用高電圧を印加した。

【0 0 3 5】

まず、サンプル 3 のスパークプラグの試験結果について検討する。サンプル 3 のスパークプラグは、Ni 合金の副成分として Cr を 5. 0 wt %、Fe 3. 0 wt % 含有するが、Al を含有していない。このサンプル 3 のスパークプラグでは、絶縁体 1 4 0 のチャネリング深さが 0. 2 3 mm と良好な結果となっている。

【0 0 3 6】

この結果の要因は次のように考えられる。まず、図 4 (a) に示すように、火花放電 S 1 あるいは S 2 の発生により、接地電極 1 1 0 の先端面 1 1 0 b と中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c との間の気体分子がイオン化する。そして、接地電極 1 1 0 と中心電極 1 2 0 との間に形成される電界勾配により、上記イオンが中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c に衝突することで、中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c (Ni 合金) の金属成分 (Fe, Cr 等) が飛散する。通常、燃焼室内は燃焼ガスにより高温の酸化雰囲気になっているので、飛散した Fe, Cr 等の金属成分は直ちに酸化物となって絶縁体 1 4 0 の先端面 1 4 0 d 及び先端部側面 1 4 0 e に付着して、被膜 1 6 0 を形成する。Fe, Cr の酸化物は半導体を形成するため、この被膜 1 6 0 は導電性を有することになる。その結果、図 4 (b) に示すように、絶縁体 1 4 0 の先端面 1 4 0 d 及び先端部側面 1 4 0 e に沿った沿面放電時においても、被膜 1 6 0 によって絶縁体 1 4 0 の先端面 1 4 0 d 及び先端部側面 1 4 0 e が保護されると共に、放電電圧を低下させることができるので、チャネリングを抑制することできると考えられる。

【0 0 3 7】

この現象は、中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c (Ni 合金) をターゲットとした反応性スパッタリングと類似した機構であるといえる。なお、高速あるいは

は高負荷運転時のように、発火面となる中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c 及び接地電極 1 1 0 の先端面 1 1 0 b の温度が上昇し易い環境下では、中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c のスパッタリング的な蒸発が起こりやすくなるので、被膜 1 6 0 の形成が促進される。すなわち、チャンネリングの起こりやすい条件となるほど、被膜 1 6 0 の形成が促進されるので、優れたチャンネリング抑制効果を得ることが期待できる。このことについては、前述した特許文献 2 にも記載されている。

【0038】

しかし、サンプル 3 のスパークプラグでは、中心電極 1 2 0 の消耗体積が 0.46 mm³と大きかった。これは、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b に熱伝導率の低い Fe, Cr を添加した Ni 合金を用いたために、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b の熱伝導率が低下し、中心電極 1 2 0 の消耗が促進されたと考えられる。

【0039】

そこで、中心電極 1 2 0 の消耗を抑制するために、熱伝導率の高い Al を添加したサンプル 4, 5 のスパークプラグについて試験を行った。

サンプル 4 のスパークプラグでは、サンプル 3 のスパークプラグと同様に Cr を 5.0 wt %、Fe を 3.0 wt % 含有し、さらに Al を 1.0 wt % 含有した Ni 合金を中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b に使用している。このサンプル 4 のスパークプラグでは、中心電極 1 2 0 の消耗体積が 0.19 mm³と極めて良好な結果となり、Al を含有する Ni 合金を中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b に使用することで中心電極 1 2 0 の消耗を抑制できることが確認できた。しかし、絶縁体 1 4 0 のチャンネリング深さが 0.56 mm と大きな値になってしまった。これは、絶縁体 1 4 0 に形成される被膜 1 6 0 に絶縁性の高い Al の酸化物 (Al₂O₃) が含まれることで、被膜 1 6 0 の導電性が低下したためと考えられる。

【0040】

一方、サンプル 5 のスパークプラグは、サンプル 3 のスパークプラグと同様に Cr を 5.0 wt %、Fe 3.0 wt % 含有するが、さらに Al を 0.5 wt %

含有したNi合金を中心電極120の先端部120bに使用している。このサンプル5のスパークプラグでは、中心電極120の消耗体積が 0.31 mm^3 と良好な結果となり、絶縁体140のチャンネリング深さも 0.27 mm と良好な結果となった。これは、Ni合金の副成分としてAlを $0.5\text{ wt}\%$ 添加したことで、Fe, Crを添加したことによる中心電極120の先端部120bの熱伝導率の低下を抑制しつつ、被膜160に含まれる絶縁性の高いAlの酸化物(Al_2O_3)の量を抑制して被膜160の導電性を維持することができたためと考えられる。

【0041】

上述したサンプル3, 4, 5のスパークプラグの試験結果を検討すると、中心電極120の消耗を抑制するためには、Ni合金のAlの含有率を $0.2\text{ wt}\%$ 以上にすることが好ましいといえる。Ni合金の副成分として熱伝導率の高いAlを $0.2\text{ wt}\%$ 以上添加することで、Fe, Crを添加することによるNi合金の熱伝導率の低下を抑制できるからである。一方、絶縁体140のチャンネリングを抑制するためには、Ni合金のAlの含有率を $0.8\text{ wt}\%$ 以下にすることが好ましいといえる。 $0.8\text{ wt}\%$ 以下とすることで、絶縁体140の先端面140d及び先端部側面140eに形成される被膜160に含まれる絶縁性の高いAlの酸化物(Al_2O_3)の量を抑制し、被膜160の導電性を維持できるからである。従って、Ni合金のAlの含有率は、 $0.2\text{ wt}\%$ 以上 $0.8\text{ wt}\%$ 以下とすることが好ましいといえる。

【0042】

次に、サンプル5～8のスパークプラグの試験結果について比較検討する。サンプル5～8のスパークプラグでは、いずれもCrを $5.0\text{ wt}\%$ 、Feを $3.0\text{ wt}\%$ 、さらにAlを $0.5\text{ wt}\%$ 含有するが、Mnについては含有率が異なるNi合金を中心電極120の先端部120bに用いた。

サンプル6のスパークプラグでは、副成分としてMnを $0.2\text{ wt}\%$ 含有したNi合金を中心電極120の先端部120bに使用している。このサンプル6のスパークプラグは、中心電極120の消耗体積が 0.24 mm^3 と良好で、且つ絶縁体140のチャンネリング深さが 0.17 mm と極めて良好な結果となって

いる。このように、サンプル 6 のスパークプラグはサンプル 5 のスパークプラグに比して、中心電極 1 2 0 の耐消耗性及び絶縁体 1 4 0 の耐チャンネリング性がいずれも向上している。

【 0 0 4 3 】

これは、文献「感温半導体の実際」（著者：二木久夫、出版社：産報）の 2 0 ページに記載されているように、A l の酸化物が M n の酸化物と結合して複合酸化物半導体を形成したためと考えられる。具体的には、N i 合金の副成分として M n を添加することで、被膜 1 6 0 に含まれる絶縁性の高い A l の酸化物（ $A l_2O_3$ ）に代えて、A l の酸化物と M n の酸化物とが結合した複合酸化物半導体を構成することができ、被膜 1 6 0 の導電性が向上して放電電圧が低下したためと考えられる。なお、サンプル 6 のスパークプラグでは、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b を構成する N i 合金のうち、M n の含有率（W t %）が A l の含有率（W t %）の 0. 4 倍となっている。

【 0 0 4 4 】

サンプル 7 のスパークプラグでは、副成分として M n を 2. 0 W t % 含有した N i 合金を中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b に用いている。このサンプル 7 のスパークプラグは、中心電極 1 2 0 の消耗体積が $0. 26 \text{ mm}^3$ と良好で、且つ絶縁体 1 4 0 のチャンネリング深さが $0. 18 \text{ mm}$ と極めて良好な結果となっている。このサンプル 7 のスパークプラグは、上記サンプル 6 のスパークプラグとほぼ同等の中心電極 1 2 0 の耐消耗性及び絶縁体 1 4 0 の耐チャンネリング性を有しているといえる。なお、サンプル 7 のスパークプラグでは、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b を構成する N i 合金のうち、M n の含有率（W t %）は A l の含有率（W t %）の 4. 0 倍となっている。

【 0 0 4 5 】

サンプル 8 のスパークプラグでは、副成分として M n を 4. 0 W t % 含有した N i 合金を中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b に用いている。このサンプル 8 のスパークプラグは、絶縁体 1 4 0 のチャンネリング深さが $0. 24 \text{ mm}$ と良好であるが、中心電極 1 2 0 の火花消耗体積が $0. 41 \text{ mm}^3$ と大きくなってしまった。これは、N i 合金の副成分として M n の含有率が高くなることで、中心電極 1

20の先端部120bの熱伝導率が低下し、耐消耗性が確保できなくなったためと考えられる。なお、サンプル8のスパークプラグでは、中心電極120の先端部120bを構成するNi合金のうち、Mnの含有率(Wt%)はAlの含有率(Wt%)の8.0倍となっている。

【0046】

上述したサンプル5, 6, 7, 8のスパークプラグの試験結果を検討すると、絶縁体140のチャンネリングをより効果的に抑制するためには、Ni合金のAlの含有率(Wt%)に対しMnの含有率(Wt%)を0.3倍以上とすることが好ましいといえる。チャンネリングの抑制に有効なAlの酸化物とMnの酸化物が結合した複合酸化物半導体を、絶縁体140の先端面140d, 先端部側面140eに形成することができるためと考えられる。さらに、中心電極120の消耗を抑制するためには、Ni合金のAlの含有率(Wt%)に対しMnの含有率(Wt%)を6.0倍以下とすることが好ましいといえる。6.0倍以下とすることで、中心電極120の耐消耗性を確保することができるためと考えられる。従って、中心電極120の先端部120bを構成するNi合金のうち、Mnの含有率(Wt%)は、Alの含有率(Wt%)の0.3倍以上6.0倍以下とすることが好ましいといえる。

【0047】

なお、本実施形態では、Alの酸化物と複合酸化物半導体を形成するための金属元素としてMnを選択したが、Mnに代えてCoまたはCuを用いても良い。前記した文献「感温半導体の実際」(著者:二木久夫、出版社:産報)の20ページにおいて、Co, Cuの酸化物についてもAlの酸化物と複合酸化物半導体を形成することが記載されている。さらに、Alに対する重量比を等しくした場合の複合酸化物半導体の抵抗率についてもほぼ同等であることが示されている。このため、中心電極120の先端部120bを構成するNi合金について、Mnと同様に、CoまたはCuの含有率(Wt%)をAlの含有率(Wt%)の0.3倍以上6.0倍以下とすることで、絶縁体140のチャンネリングを効果的に抑制しつつ、中心電極120の耐消耗性、耐熱強度性を確保することができると考えられる。なお、Mn, Co, Cuのうち1種類だけを含有するのではなく、

2種類以上を含有するようにしても良い。この場合、これらの合計含有率 (W t %) を A l の含有率 (W t %) の 0. 3 倍以上 6. 0 倍以下とするのが好ましい。

【 0 0 4 8 】

次に、サンプル 1, 2, 7, 9 のスパークプラグの試験結果について比較検討する。サンプル 1, 2, 7, 9 のスパークプラグでは、副成分としていずれも A l を 0. 5 w t %, M n を 2. 0 w t % 含有するが、C r と F e の含有率がそれぞれ異なる N i 合金を中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b に使用している。

サンプル 1 のスパークプラグでは、C r を 1. 0 w t %, F e を 1. 0 w t %, C r 及び F e を合わせて 2. 0 w t % 含有した N i 合金を中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b に使用している。このサンプル 1 のスパークプラグでは、中心電極 1 2 0 の消耗体積が $0. 14 \text{ mm}^3$ と極めて良好であるが、絶縁体 1 4 0 のチャンネリング深さが 0. 7 1 m m と極めて大きな値となった。これは、N i 合金の副成分のうち C r 及び F e の含有率が低いために、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b の熱伝導率が低下しないので耐消耗性は確保できるが、被膜 1 6 0 に含まれる酸化物半導体が減少するので耐チャンネリング性が低下してしまうためと考えられる。

【 0 0 4 9 】

一方、サンプル 2 のスパークプラグでは、副成分として C r を 6. 0 w t %, F e を 6. 0 w t %, C r 及び F e を合わせて 1 2. 0 w t % 含有した N i 合金を中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b に使用している。このサンプル 2 のスパークプラグでは、絶縁体 1 4 0 のチャンネリング深さが 0. 1 2 m m と極めて良好になったが、中心電極 1 2 0 の消耗体積が $0. 93 \text{ mm}^3$ と極めて大きくなった。これは、サンプル 1 のスパークプラグとは反対に、N i 合金の副成分のうち C r 及び F e の含有率が高いために、被膜 1 6 0 に含まれる酸化物半導体が増加することで耐チャンネリング性は向上するが、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b の熱伝導率が低下することで耐消耗性が低下してしまうためと考えられる。

【 0 0 5 0 】

これに対し、サンプル 7 のスパークプラグは、副成分として C r を 5. 0 w t

%、Fe を 3.0 wt %、Cr 及び Fe を合わせて 8.0 wt % 含有した Ni 合金を中心電極 120 の先端部 120 b に使用している。このサンプル 7 のスパークプラグでは、前述したように、中心電極 120 の消耗体積が 0.26 mm^3 と良好で、且つ、絶縁体 140 のチャンネリング深さが 0.18 mm と極めて良好な結果となっている。これは、中心電極 120 の先端部 120 b を構成する Ni 合金が、副成分として Cr を 5.0 wt %、Fe を 3.0 wt %、Cr 及び Fe を合わせて 8.0 wt % 含有することで、被膜 160 に含まれる酸化物半導体によって耐チャンネリング性を向上させつつ、中心電極 120 の先端部 120 b における熱伝導率の低下を抑制して耐消耗性を確保することができたためと考えられる。

【0051】

さらに、サンプル 9 のスパークプラグは、副成分として Cr を 3.0 wt %、Fe を 3.0 wt %、Cr 及び Fe を合わせて 6.0 wt % 含有した Ni 合金を中心電極 120 の先端部 120 b に使用している。このサンプル 9 のスパークプラグでも、中心電極 120 の消耗体積が 0.21 mm^3 と良好で、且つ絶縁体 140 のチャンネリング深さが 0.19 mm と極めて良好な結果となっている。このサンプル 9 のスパークプラグは、上記サンプル 7 とほぼ同等の中心電極 120 の耐消耗性及び絶縁体 140 の耐チャンネリング性を有しているといえる。

【0052】

上述したサンプル 1, 2, 7, 9 のスパークプラグの試験結果を検討すると、絶縁体 140 のチャンネリングを抑制するためには、中心電極 120 の先端部 120 b を構成する Ni 合金が、副成分として Cr を 1.5 wt % 以上、Fe を 1.5 wt % 以上、Cr 及び Fe を合計で 2.5 wt % 以上含有することが好ましいといえる。このようにすることで、特に、絶縁性の高い Al の酸化物 (Al_2O_3) が含まれることに伴う被膜 160 の導電性低下を抑制し、耐チャンネリング性を向上することができるためと考えられる。さらに、中心電極 120 の消耗を抑制するためには、中心電極 120 の先端部 120 b を構成する Ni 合金が、副成分として Cr を 5.0 wt % 以下、Fe を 5.0 wt % 以下、Cr 及び Fe を合計で 10.0 wt % 以下含有することが好ましいといえる。このようにする

ことで、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b における熱伝導率の低下を抑制して耐消耗性を確保することができるためと考えられる。

【 0 0 5 3 】

ところで、前述したように、本実施形態の内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 では、中心電極 1 2 0 が Cu からなる軸芯 1 2 2 を有しており、この軸芯 1 2 2 の先端部 1 2 2 b が Ni 合金からなる被覆部材 1 2 1 によって被覆されている（図 2 参照）。ところが、Cu からなる軸芯 1 2 2 の熱膨張率は、これを被覆する Ni 合金からなる被覆部材 1 2 1 の熱膨張率に比して大きい。このため、内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 を使用に供した場合、軸芯 1 2 2 の径方向外側への熱膨張の影響で、被覆部材 1 2 1 のうち軸芯 1 2 2 の周囲に位置する被覆周囲部 1 2 1 d が Ni 合金本来の熱膨張より大きく径方向外側へ膨張してしまう虞がある。一方、被覆部材 1 2 1 のうち軸芯 1 2 2 の先端より先端側に位置する被覆先端側部 1 2 1 b は、軸芯 1 2 2 の径方向外側への熱膨張に影響されることなく、径方向外側へは Ni 合金本来の熱膨張をする。このため、被覆部材 1 2 1 において、被覆周囲部 1 2 1 d が被覆先端側部 1 2 1 b に比して径方向外側へ大きく膨張して変形すると共に、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b が基端側（図 2 中下方）へ引っ込み変形してしまう虞がある。

【 0 0 5 4 】

そこで、中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 を構成する Ni 合金に C を添加することで Ni 合金の熱間強度を向上させ、軸芯 1 2 2 の径方向外側への熱膨張の影響による先端部 1 2 0 b の引っ込みを抑制することを企図して以下の調査を行った。即ち、中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 を構成する Ni 合金の副成分について、C 成分を調整して添加した以外は前述したサンプル 9 と同様の構成とした 4 種類のサンプル 1 0 ～ 1 3 のスパークプラグを用意し、中心電極 1 2 0 の引っ込み量を評価する試験を行った。具体的には、バーナーを用いて、サンプル 1 0 ～ 1 3 のスパークプラグを 8 5 0 ℃ まで加熱した状態を 3 分間継続し、その後 1 分間空冷することを 1 サイクルとしたヒートサイクル試験を、2 5 0 0 サイクル行った。その後、中心電極 1 2 0 の引っ込み量を測定し、耐引っ込み性を評価した。この試験結果を図 6 の表に示す。

【 0 0 5 5 】

サンプル 1 0 ～ 1 3 のスパークプラグでは、副成分のうち C の含有率のみが異なる N i 合金を中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 に使用している。このうち、サンプル 1 0 のスパークプラグでは、副成分として C を 0 . 0 0 1 w t % 含有した N i 合金を中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 に使用している。このサンプル 1 0 のスパークプラグでは、中心電極 1 2 0 の引っ込み量が 0 . 1 0 m m と大きな値を示した。これは、C の含有率が 0 . 0 0 1 w t % では、N i 合金の熱間強度を十分に確保することができず、軸芯 1 2 2 の熱膨張の影響で中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 の被覆周囲部 1 2 1 d が径方向外側へ変形するのを抑制できなかったためと考えられる。

【 0 0 5 6 】

これに対し、サンプル 1 1 のスパークプラグでは、副成分として C を 0 . 0 0 3 w t % 含有した N i 合金を中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 に使用している。このサンプル 1 1 のスパークプラグでは、中心電極 1 2 0 の引っ込み量を 0 . 0 7 m m に抑制することができた。これは、C の含有率を 0 . 0 0 3 w t % とすることで、N i 合金の熱間強度を向上させることができ、軸芯 1 2 2 の熱膨張の影響で中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 の被覆周囲部 1 2 1 d が径方向外側へ変形するのを抑制できたためと考えられる。

【 0 0 5 7 】

さらに、サンプル 1 2 のスパークプラグでは、副成分として C を 0 . 0 5 w t % 含有した N i 合金を中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 に使用している。このサンプル 1 2 のスパークプラグでは、中心電極 1 2 0 の引っ込み量が 0 . 0 2 m m と極めて小さくなった。さらに、サンプル 1 3 のスパークプラグでは、副成分として C を 0 . 1 w t % 含有した N i 合金を中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 に使用している。このサンプル 1 3 のスパークプラグでは、中心電極 1 2 0 の引っ込み量が 0 . 0 0 m m 、つまり引っ込みが観測されなかった。

【 0 0 5 8 】

上述したサンプル 1 0 ～ 1 3 のスパークプラグの試験結果を検討すると、中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 を構成する N i 合金の副成分として、C を 0 . 0 0

3 w t % 以上含有するようにすれば、中心電極 1 2 0 の引っ込みを抑制することができるといえる。ところが、C の含有率を 0 . 1 w t % としたサンプル 1 3 のスパークプラグでは、N i 合金の硬度が高くなりすぎたため、中心電極 1 2 0 の成形が困難となっていた。従って、中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 を構成する N i 合金について、C の含有率を 0 . 0 0 3 w t % 以上 0 . 0 5 w t % 以下とすることがより好ましいといえる。

【 0 0 5 9 】

（変形形態 1）

次に、実施形態の内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 の第 1 の変形形態である内燃機関用スパークプラグ 2 0 0 について、図面を参照しつつ説明する。本変形形態 1 の内燃機関用スパークプラグ 2 0 0 は、実施形態の内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 と比較して、プラグの先端部の構造が異なり、その他の部分についてはほぼ同様である。従って、実施形態と異なる部分を中心に説明し、同様な部分については、説明を省略または簡略化する。

【 0 0 6 0 】

本変形形態 1 の内燃機関用スパークプラグ 2 0 0 の先端部の断面図を図 7 に示す。図 7 (a) は正面視断面図、図 7 (b) は側面視断面図である。内燃機関用スパークプラグ 2 0 0 は、実施形態の内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 における 2 つの接地電極 1 1 0 に加えて、さらに平行電極 2 5 0 を有している。この平行電極 2 5 0 は、図 7 (b) に示すように、先端部 2 5 0 c が中心電極 1 2 0 の先端面 1 2 0 f と対向するように形成されている。さらに、平行電極 2 5 0 の先端部 2 5 0 c のうち中心電極 1 2 0 の先端面 1 2 0 f と対向する面を対向面 2 5 0 b が、中心電極 1 2 0 の先端面 1 2 0 f に対し平行に配置されている。すなわち、内燃機関用スパークプラグ 2 0 0 は、セミ沿面放電型スパークプラグに平行電極 2 5 0 を組合わせたスパークプラグである。なお、本変形形態 1 の内燃機関用スパークプラグ 2 0 0 においても、軸芯 1 2 2 は、その先端が絶縁体 1 4 0 の先端面 1 4 0 d より基端側の位置に配置されており、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b に含まれない。このため、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b 全体が、N i 合金によって形成されている。

【 0 0 6 1 】

この内燃機関用スパークプラグ 2 0 0 では、平行電極 2 5 0 の対向面 2 5 0 b と中心電極 1 2 0 の先端面 1 2 0 f との間隙をギャップ g 3、接地電極 1 1 0 の先端面 1 1 0 b と絶縁体 1 4 0 の先端部側面 1 4 0 e との間隙をギャップ g 4 とする。そして、ギャップ g 3、g 4 を介して火花放電が行われるが、絶縁体 1 4 0 の先端面 1 4 0 d 及び先端部側面 1 4 0 e が汚損した場合には、ギャップ g 4 を隔てた接地電極 1 1 0 の先端面 1 1 0 b と絶縁体 1 4 0 の先端部側面 1 4 0 e との間で火花放電し易くなる。このため、絶縁体 1 4 0 の絶縁体 1 4 0 の先端面 1 4 0 d 及び先端部側面 1 4 0 e に沿った沿面放電が頻繁に発生する虞があるので、絶縁体 1 4 0 のチャンネリング及び中心電極 1 2 0 の消耗が懸念される。

【 0 0 6 2 】

従って、本変形形態 1 の内燃機関用スパークプラグ 2 0 0 においても、実施形態と同様に、中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 を構成する N i 合金の成分を調整することによって、中心電極 1 2 0 の消耗を抑制しつつ、絶縁体 1 4 0 のチャンネリングを抑制することができる。具体的には、N i 合金の副成分として、F e、C r をそれぞれ 1. 5 w t % 以上 5. 0 w t % 以下、且つ合計 2. 5 w t % 以上 1 0. 0 w t % 以下、A l を 0. 2 w t % 以上 0. 8 w t % 以下含有すると好ましい。さらに、N i 合金の副成分について、M n、C o、C u の少なくともいずれかを含有し、これらの合計含有率を A l の含有率の 0. 3 倍以上 6. 0 倍以下とすることによって、耐チャンネリング性をさらに良好とすることができる。さらに、N i 合金の副成分として C を 0. 0 0 3 w t % 以上 0. 0 5 w t % 以下含有することで、中心電極 1 2 0 の成形性を良好としつつ、中心電極 1 2 0 の引き下がり抑制することができる。

【 0 0 6 3 】

なお、内燃機関用スパークプラグ 2 0 0 では、着火性と耐久性を向上するために、中心電極 1 2 0 の先端面 1 2 0 f に円盤状の金属チップ 2 2 5 がレーザ溶接によって固設されている。この金属チップ 2 2 5 は、例えば、P t、I r、R h などの貴金属を主成分とする合金や、W などの高融点金属を主成分とする合金によって形成されている。一般に、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b のように、N

i を 8 0 w t % 以上、F e , C r を合わせて 2 . 5 w t % 以上 1 0 . 0 w t % 以下含有する N i 合金と、P t , I r , R h などの貴金属を主成分とする合金あるいは W などの高融点金属を主成分とする合金とは溶接性が好ましくない。このため、このようなスパークプラグでは、金属チップ 2 2 5 の剥離してしまう虞がある。これに対し、本変形形態 1 の内燃機関用スパークプラグ 2 0 0 では、金属チップ 2 2 5 の直径を 0 . 8 m m 以下とすることにより、溶接不良等が軽減され、金属チップ 2 2 5 が剥離しにくくなる。

【 0 0 6 4 】

(変形形態 2)

次に、実施形態の内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 の第 2 の変形形態である内燃機関用スパークプラグ 3 0 0 について、図面を参照しつつ説明する。本変形形態 2 の内燃機関用スパークプラグ 3 0 0 は、実施形態の内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 と比較して、プラグの先端部の構造が異なり、その他の部分についてはほぼ同様である。従って、実施形態と異なる部分を中心に説明し、同様な部分については、説明を省略または簡略化する。

【 0 0 6 5 】

本変形形態 2 の内燃機関用スパークプラグ 3 0 0 の先端部の断面図を図 8 (a) に示す。内燃機関用スパークプラグ 3 0 0 は、環状の接地電極 3 1 0 を有し、この接地電極 3 1 0 の先端面 3 1 0 b と絶縁体 3 4 0 の先端面 3 4 0 d とを接するように配置している。このような内燃機関用スパークプラグ 3 0 0 は、接地電極 3 1 0 の先端面 3 1 0 b と中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c との間の放電経路のほぼ全長にわたって絶縁体 3 4 0 の先端面 3 4 0 d に沿った沿面放電 S 3 (図 8 (b) 参照) をする、いわゆるフル沿面放電型スパークプラグである。このため、このような内燃機関用スパークプラグ 3 0 0 においても、絶縁体 3 4 0 のチャンネリング及び中心電極 1 2 0 の消耗が懸念される。なお、本変形形態 2 の内燃機関用スパークプラグ 3 0 0 においても、軸芯 1 2 2 は、その先端が絶縁体 3 4 0 の先端面 3 4 0 d より基端側の位置に配置されており、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b に含まれない。このため、中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b 全体が、N i 合金によって形成されている。

【 0 0 6 6 】

従って、本変形形態 2 の内燃機関用スパークプラグ 3 0 0 においても、実施形態と同様に、中心電極 1 2 0 の被覆部材 1 2 1 を構成する N i 合金の成分を調整することによって、中心電極 1 2 0 の消耗を抑制しつつ、絶縁体 3 4 0 のチャンネリングを抑制することができる。具体的には、N i 合金の副成分として、F e , C r をそれぞれ 1 . 5 w t % 以上 5 . 0 w t % 以下、且つ合計 2 . 5 w t % 以上 1 0 . 0 w t % 以下、A l を 0 . 2 w t % 以上 0 . 8 w t % 以下含有すると好ましい。このようにすることで、図 8 (b) に拡大して示すように、絶縁体 3 4 0 の先端面 3 4 0 d に耐チャンネリング性を有する被膜 3 4 0 d を形成することができる。さらに、N i 合金の副成分について、M n , C o , C u の少なくともいずれかを含有し、これらの合計含有率を A l の含有率の 0 . 3 倍以上 6 . 0 倍以下とすることによって、耐チャンネリング性をさらに良好とすることができる。さらに、N i 合金の副成分として C を 0 . 0 0 3 w t % 以上 0 . 0 5 w t % 以下含有することで、中心電極 1 2 0 の成形性を良好としつつ、中心電極 1 2 0 の引き下がり抑制することができる。

【 0 0 6 7 】

以上において、本発明を実施形態及び変形形態 1 , 2 に即して説明したが、本発明は上記実施形態等に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、適宜変更して適用できることはいうまでもない。

例えば、実施形態等では、主体金具 1 3 0 のネジ部 1 3 0 b の呼び径が M 1 4 のスパークプラグを用いた。しかし、本発明は M 1 4 のスパークプラグに限定されるものではない。さらに言えば、M 1 2 以下のもの、例えば、M 1 2 , M 1 0 の主体金具を有する内燃機関用スパークプラグに対して特に有効となる。すなわち、セミ沿面放電型スパークプラグのように沿面放電可能なスパークプラグでは、小型化（細径化）するほど沿面放電が顕著となる一方、絶縁体の肉厚は薄くなると共に中心電極が細くなる傾向にある。このため、主体金具のネジ径を M 1 2 以下とした小型化（細径化）プラグでは、M 1 4 以上のスパークプラグに比してチャンネリング及び中心電極の消耗の影響が大きく、スパークプラグの性能が早期に著しく低下してしまう虞がある。このような、M 1 2 以下のいずれの小径プ

ラグについても、本発明はチャンネリングの抑制と中心電極の消耗の抑制とを両立することが可能である。

従って、ネジの呼び径がM12以下、すなわち、主体金具の先端外径が10.1mm以下となる細径のスパークプラグに本発明を適用することで、特に、チャンネリングの抑制と中心電極の消耗の抑制との両立が有効となり、スパークプラグの長寿命化を図ることができる。

また、本発明は、主体金具の外側面に取付ネジ部が形成されていない、いわゆるネジなしプラグについても、同様の効果が得られる。

【0068】

また、実施形態では、内燃機関用スパークプラグ100について、接地電極110を2つ設けたセミ沿面放電型スパークプラグとしたが、接地電極は1または複数であれば良く、例えば、接地電極を3つあるいは4つ設けたセミ沿面放電型スパークプラグとしても良い。

また、実施形態等では、軸芯122は、その先端が絶縁体140、340の先端面140d、340dより基端側の位置に配置されており、中心電極120の先端部120bに含まれていなかった。すなわち、中心電極120の先端部120b全体が、Ni合金によって形成されていた。しかし、軸芯122は、その先端が絶縁体140、340の先端面140d、340dより先端側の位置に配置され、中心電極120の先端部120bに含まれても良い。すなわち、中心電極120の先端部120b全体が、Ni合金によって形成されていなくても良く、少なくとも先端部120bの表面がNi合金によって形成されていれば良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施形態にかかる内燃機関用スパークプラグ100の側面図である。

【図2】

実施形態にかかる内燃機関用スパークプラグ100の要部構造を示す断面図である。

【図3】

実施形態にかかる内燃機関用スパークプラグ100の要部構造を示す上面図で

ある。

【図 4】

実施形態にかかる内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 の作用を説明する説明図である。

【図 5】

実施形態にかかる内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 の中心電極 1 2 0 の耐消耗性、絶縁体 1 4 0 の耐チャンネリング性についての評価試験結果を示す表である。

【図 6】

実施形態にかかる内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 の中心電極 1 2 0 の耐引き下がり性についての評価試験結果を示す表である。

【図 7】

変形形態 1 にかかる内燃機関用スパークプラグ 2 0 0 の要部構造を示す図であり、（a）はその正面視断面図、（b）はその側面視断面図である。

【図 8】

変形形態 2 にかかる内燃機関用スパークプラグ 3 0 0 の要部構造を示す図であり、（a）はその側面視断面図、（b）はその拡大図である。

【符号の説明】

1 0 0, 2 0 0, 3 0 0 内燃機関用スパークプラグ

1 1 0, 3 1 0 接地電極

1 2 0 中心電極

1 2 0 b 中心電極の先端部

1 2 0 c 中心電極の先端部側面

1 2 1 被覆部材

1 2 2 軸芯

1 2 2 b 軸芯の先端部

1 3 0, 3 3 0 主体金具

1 4 0, 3 4 0 絶縁体

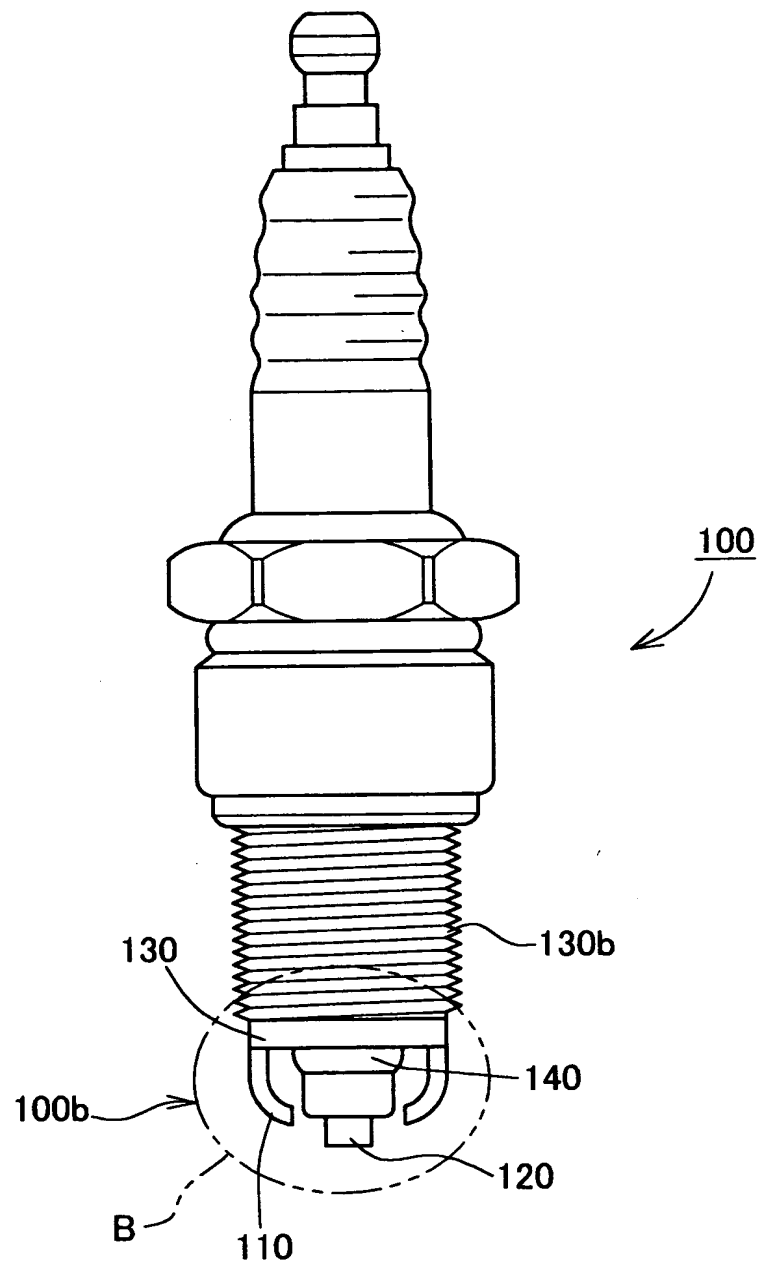
1 4 0 d 絶縁体の先端面（絶縁体の先端部表面）

1 4 0 e 絶縁体の先端部側面（絶縁体の先端部表面）

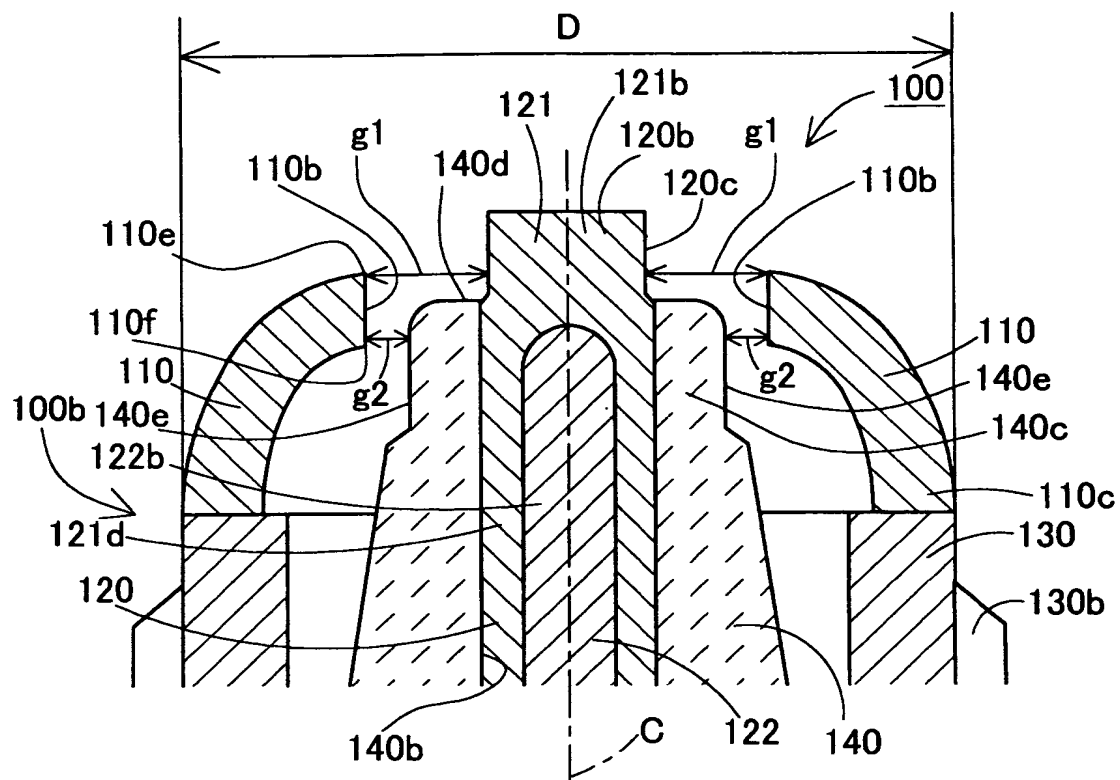
D 主体金具の先端外径

【書類名】 図面

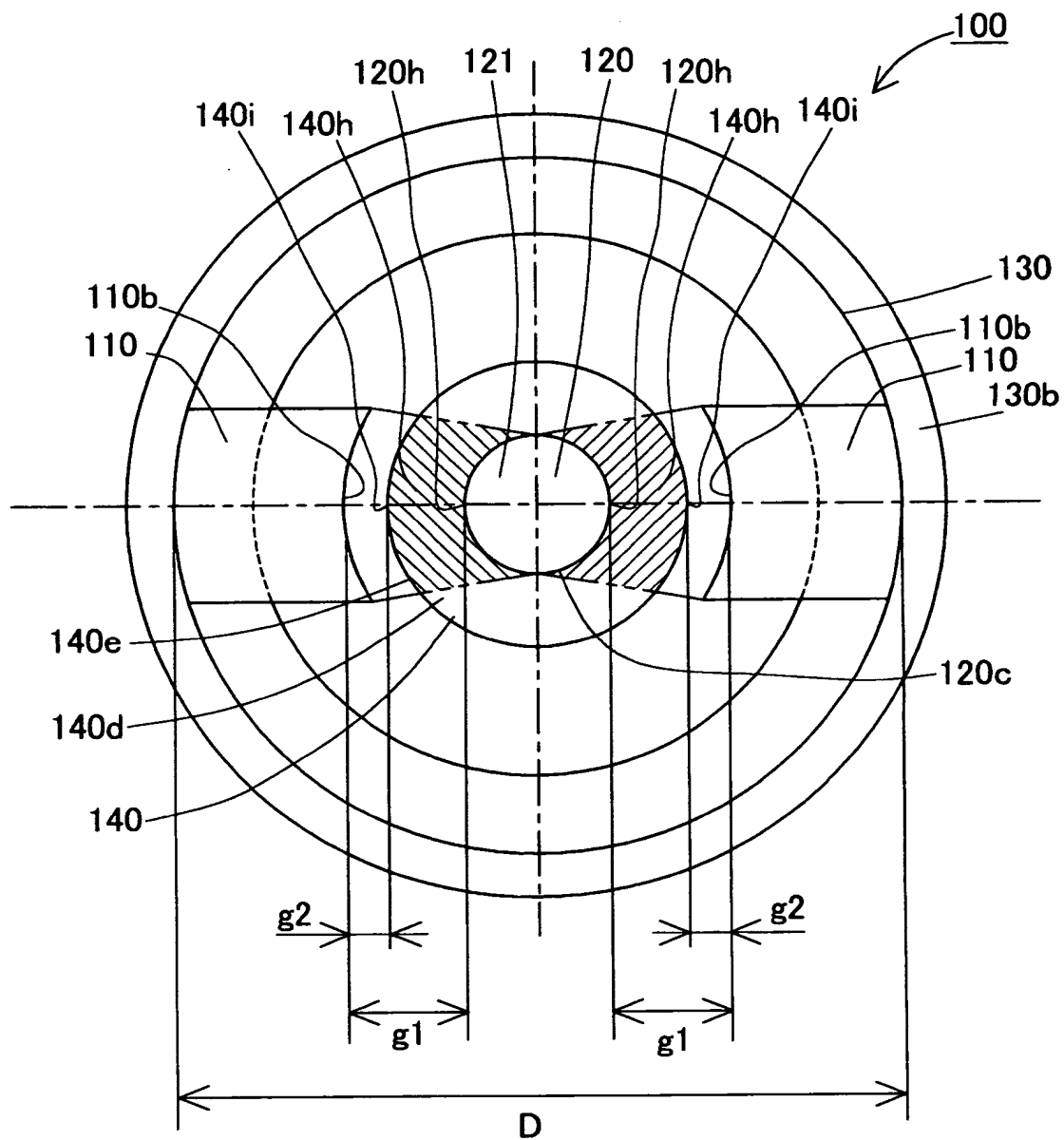
【図 1】



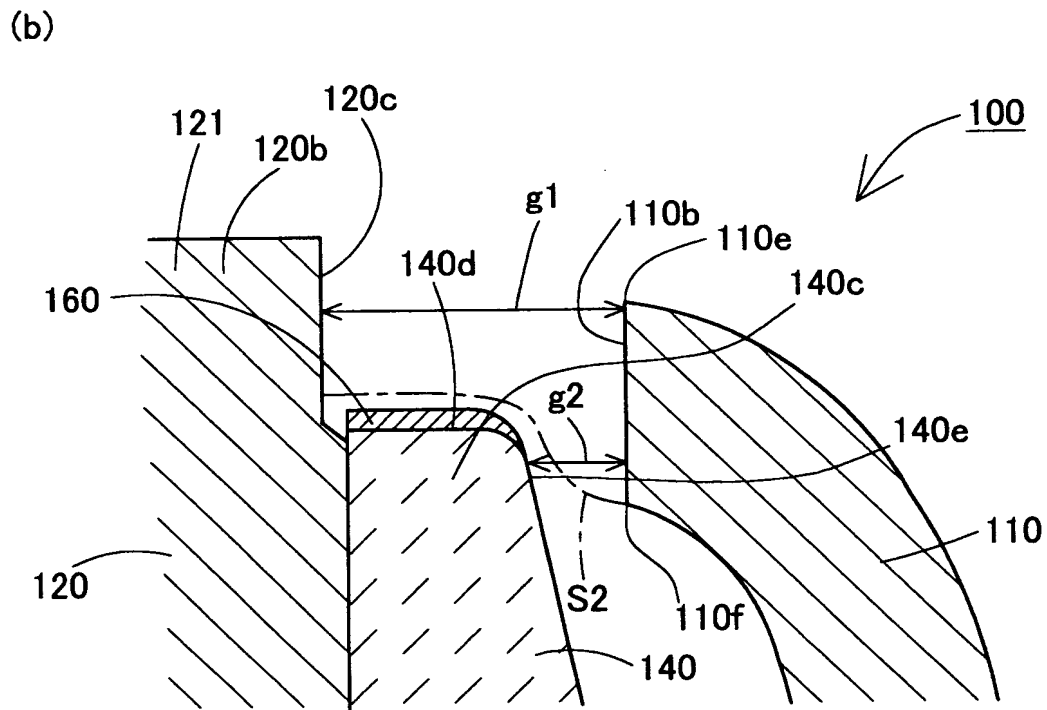
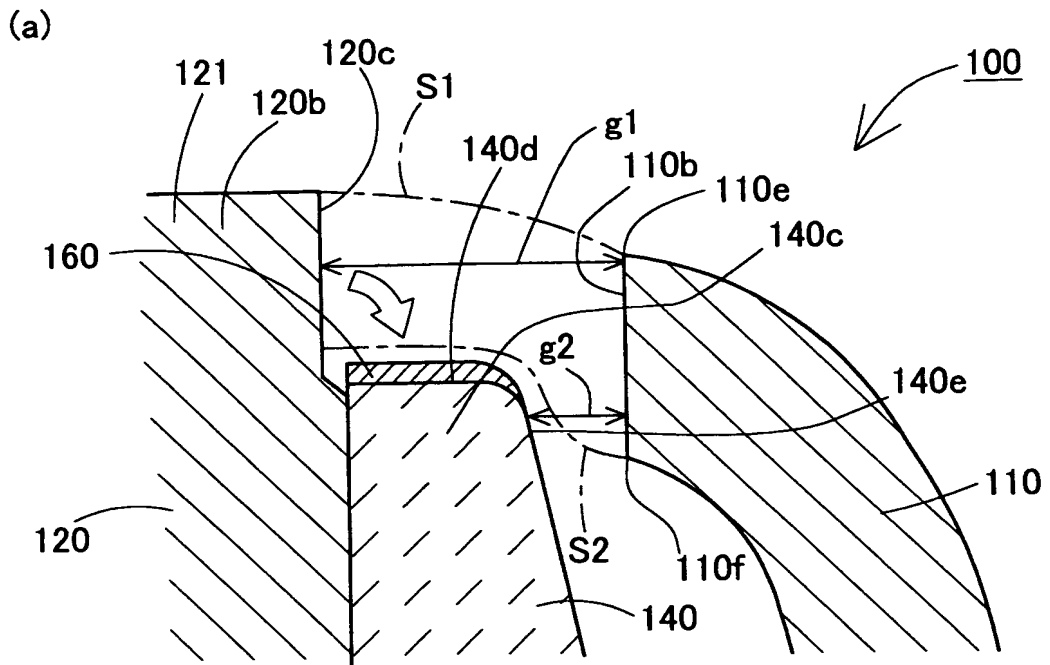
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

サンプル	成分 (wt%)						消耗 (mm3)	チャンネルグ (mm)	総合評価
	C r	F e	A l	M n	S i	N i			
1	1.0	1.0	0.5	2.0	1.5	94.0	0.14 ◎	0.71 ×	×
2	6.0	6.0	0.5	2.0	1.5	86.0	0.93 ×	0.12 ◎	×
3	5.0	3.0	0	0	1.5	90.5	0.46 △	0.23 ○	△
4	5.0	3.0	1.0	0	1.5	89.5	0.19 ◎	0.56 △	△
5	5.0	3.0	0.5	0	1.5	90.0	0.31 ○	0.27 ○	○
6	5.0	3.0	0.5	0.2	1.5	89.8	0.24 ○	0.17 ◎	◎
7	5.0	3.0	0.5	2.0	1.5	88.0	0.26 ○	0.18 ◎	◎
8	5.0	3.0	0.5	4.0	1.5	86.0	0.41 △	0.24 ○	△
9	3.0	3.0	0.5	2.0	1.5	90.0	0.21 ○	0.19 ◎	◎

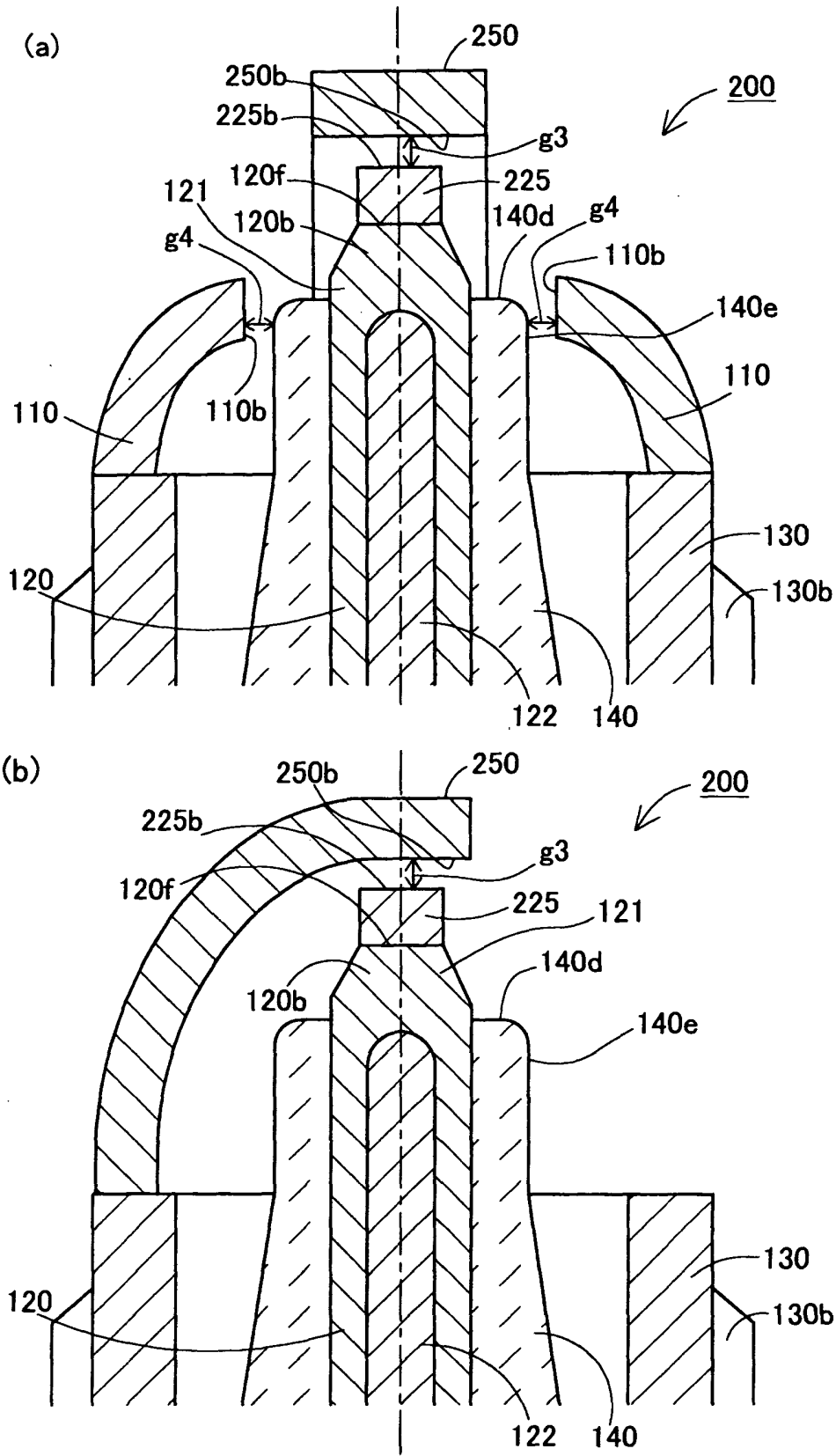
消耗の評価 ◎ : 0.2未満, ○ : 0.2以上0.4未満, △ : 0.4以上0.6未満, × : 0.6以上
チャンネルグの評価 ◎ : 0.2未満, ○ : 0.2以上0.4未満, △ : 0.4以上0.6未満, × : 0.6以上
総合評価 × : 消耗及びチャンネルグの少なくともいずれかに×がある
△ : 消耗及びチャンネルグの少なくともいずれかに△がある
○ : 消耗及びチャンネルグのいずれも○である
◎ : 消耗及びチャンネルグの少なくともいずれかに◎があり、且つ×, △がない

【図 6】

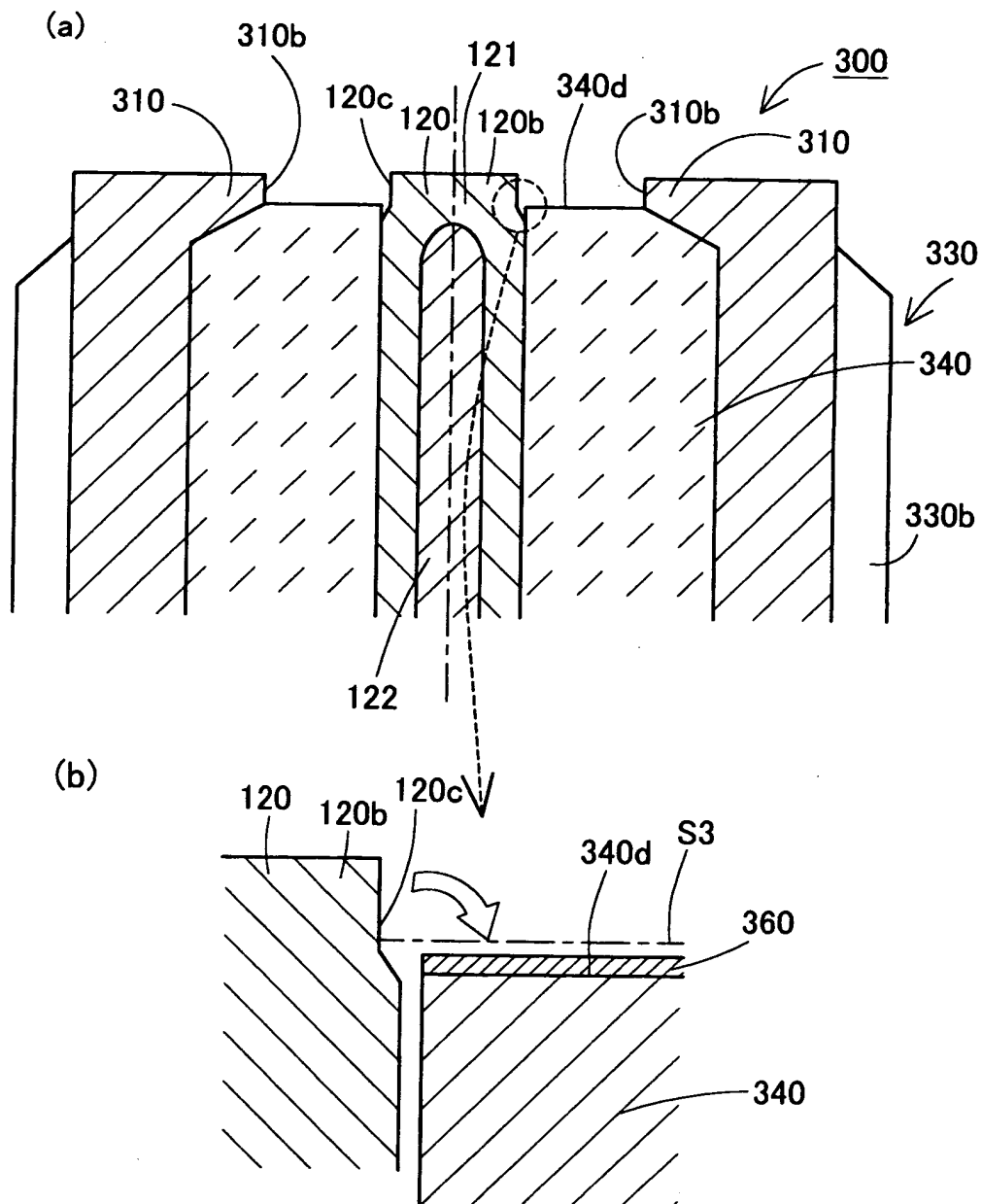
サンプル	成分 (wt%)						引っ込み量 (mm)	評価
	C r	F e	A l	M n	C	S i		
10	3.0	3.0	0.5	2.0	0.001	1.5	0.10	△
11	3.0	3.0	0.5	2.0	0.003	1.5	0.07	○
12	3.0	3.0	0.5	2.0	0.05	1.5	0.02	◎
13	3.0	3.0	0.5	2.0	0.1	1.5	0.00	◎

評価基準 ◎ : 0.04未満, ○ : 0.04以上0.08未満, △ : 0.08以上0.12未満

【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 チャンネリングの抑制と中心電極の火花消耗の抑制とを両立することができる内燃機関用スパークプラグを提供する

【解決手段】 本発明の内燃機関用スパークプラグ 1 0 0 は、軸孔 1 4 0 b を有する筒状の絶縁体 1 4 0 と、軸孔 1 4 0 b の先端側に挿入され、先端部 1 2 0 b が絶縁体 1 4 0 の先端から突出する中心電極 1 2 0 と、先端面 1 1 0 b と中心電極 1 2 0 の先端部側面 1 2 0 c との間で発生する火花放電のうち少なくとも一部が絶縁体 1 4 0 の先端部側面 1 4 0 e 及び先端面 1 4 0 d に沿った沿面放電を含むように配置された接地電極 1 1 0 とを備える。中心電極 1 2 0 の先端部 1 2 0 b は、主成分として N i を 8 0 w t % 以上含有し、副成分として F e 及び C r を合わせて 2 . 5 w t % 以上 1 0 . 0 w t % 以下、さらに A l を 0 . 2 w t % 以上 0 . 8 w t % 以下含有している。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 5 4 7]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町 1 4 番 1 8 号

氏 名 日本特殊陶業株式会社